

ABSTRAK

Beton bertulang adalah material yang sering digunakan dalam konstruksi. Namun, material ini memiliki keterbatasan dalam kekuatan tarik yang dapat menyebabkan keruntuhan struktural. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan perkuatan struktur guna meningkatkan kapasitas beban dan umur layanan. Penelitian ini fokus pada analisis numerik perkuatan balok beton bertulang bentang pendek menggunakan sengkang baja dan lapis geopolimer dengan metode *Near Surface Mounted* (NSM). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh perkuatan terhadap kapasitas balok dan pola keruntuhan di bawah simulasi pembebanan monotonik menggunakan perangkat lunak ATENA dan GiD. Metode elemen hingga (MEH) digunakan untuk memodelkan perilaku struktur secara detail. Data masukan material beton dan tulangan diperoleh dari penelitian eksperimental terdahulu. Pemodelan dilakukan untuk balok kontrol dan balok perkuatan dengan spesifikasi tulangan utama D19 (tarik), D13 (tekan), dan sengkang diameter 6 mm dengan jarak 250 mm (kontrol) dan 75 mm (perkuatan). Hasil simulasi menunjukkan bahwa perkuatan NSM secara signifikan meningkatkan kapasitas beban ultimit balok, yaitu sebesar 50,045% dari balok kontrol (dari 378,069 kN menjadi 567,273 kN). Selain itu, perkuatan juga mempengaruhi pola keruntuhan. Pada balok kontrol, keruntuhan didominasi oleh retak geser-lentur (retak diagonal) yang tidak terkendali, dan terjadi retak geser yang signifikan terutama pada daerah tumpuan dengan lebar retak maksimum mencapai 1,2 cm. Sebaliknya, pada balok perkuatan, pola retak lebih terkendali, didominasi oleh retak lentur (tegak lurus tulangan longitudinal) dengan lebar retak maksimum hanya sekitar 0,4 cm. Hal ini menunjukkan bahwa perkuatan efektif dalam menahan propagasi retak dan meningkatkan ketahanan geser balok. Secara keseluruhan, metode perkuatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan performa struktural balok beton bertulang, khususnya balok bentang pendek yang rentan terhadap kegagalan geser.

Kata kunci: beton bertulang, metode *Near Surface Mounted* (NSM), perkuatan dengan sengkang baja, lapis geopolimer.

ABSTRACT

Reinforced concrete is a material frequently utilized in construction. However, this material possesses limitations in tensile strength, which can lead to structural failure. To address this, structural strengthening is necessary to enhance load capacity and service life. This research focuses on the numerical analysis of short-span reinforced concrete beam strengthening using steel stirrups and a geopolymer layer with the Near Surface Mounted (NSM) method. The objective of this study is to analyze the influence of the strengthening on the beam's capacity and failure patterns under monotonic loading simulation using ATENA and GiD software. The Finite Element Method (FEM) was employed to model the structural behavior in detail. Input data for concrete and reinforcement materials were obtained from previous experimental research. The modeling was conducted for both control beams and strengthened beams with D19 (tension) and D13 (compression) main reinforcement, and 6 mm diameter stirrups with a spacing of 250 mm for control beams and 75 mm for strengthened beams. Simulation results indicate that NSM strengthening significantly increased the ultimate load capacity of the beams, specifically by 50.045% compared to the control beam (from 378.069 kN to 567.273 kN). Furthermore, the strengthening also influenced the failure patterns. In control beams, failure was dominated by uncontrolled flexural-shear cracks (diagonal cracks), with significant shear cracks occurring particularly in the support regions, and a maximum crack width reaching 1.2 cm. Conversely, in strengthened beams, the crack patterns were more controlled, dominated by flexural cracks (perpendicular to longitudinal reinforcement) with a maximum crack width of only approximately 0.4 cm. This demonstrates that the strengthening is effective in resisting crack propagation and enhancing the shear resistance of the beams. Overall, this strengthening method proved effective in improving the structural performance of reinforced concrete beams, especially short-span beams that are prone to shear failure.

Key words. Reinforced concrete, Near Surface Mounted (NSM) method, sheer reinforcement, geopolymer layering.